한국의류산업학회지
제18권 제3호, 2016
<연구논문>

pISSN 1229-2060
eISSN 2287-5743
Fashion & Text. Res. J.
Vol. 18, No. 3, pp.338-350(2016)
http://dx.doi.org/10.5805/SFTI.2016.18.3.338

3차원 동작분석법을 활용한 골프웨어 평가를 위한 기초연구
- 상체 동작범위를 중심으로 -

정혜원[1,3) · 신주영[2)† · 남윤자[3)
[1)부산디자인센터
[2)숭의여자대학교
[3)서울대학교 생활과학연구소

Evaluation Method for Fit of Golf wears based on 3D Motion Analysis
- Focus on motion range of upper body -

Hye-Won Chung[1,3), Ju-Young Annie Shin[2)†, and Yun-Ja Nam[3)
[1)Design Center Busan; Busan, Korea
[2)Dept. of Fashion Design, Soongeui Womens University; Seoul, Korea
[3)Dept. of Clothing & Textiles/Research Institute of Human Ecology, Seoul National University; Seoul, Korea

Abstract : The purpose of this study is to analyze joint angle for a range of swing motion derived through 3D motion analysis in order to design the ergonomic golf wear, use it for evaluation method of apparel fit to improve exercise functionality and provide the basic materials necessary for designing clothes. In order to do this, the subjects for this study were 3 men of age 20s. The data for a range of motion of golf swing were collected by using equipment for 3D motion analysis and then were used for analysis of joint angles and evaluation method of apparel fit. Range of motion was derived through 3D motion analysis of golf swing motion and joint angles for items of joint motion item and of X, Y, and Z-axis were calculated, respectively. In order to set the evaluation questions for evaluation of apparel fit, to find a range of motion at the maximal value and the minimal value of swing motion. As a result, during the swinging motion, neck extension, right shoulder extension, right/left elbow extension, right/left elbow supination did not appear. Items of joint motion showing the maximum at range of each swing motion were applied into 55 questions and consisted. The results of this study were meaningful as a basic study to apply 3D motion analysis to the fashion industry. It's expected to be used to design functional clothing.

Keywords : 3D motion analysis(3차원 동작분석), range of motion(동작 범위), joint angle(관절각), evaluation method of motion suitability(동작적합성 평가), ergonomics golf wear(인간공학적 골프웨어)

1. 서 론

건강한 삶과 여가 활동을 중시하는 최근의 웰빙 트렌드와 함께 스포츠산업 역시 2014년 41조 원대 큰 시장으로 성장했다(Lee, 2016). 이중에서도 과거 중·장년층이 즐기는 스포츠로 인식되었던 골프는 최근 퍼블릭, 스크린 골프장이 증가하면서 젊은층의 진입장벽이 낮아졌다(Lim, 2016). 특히 2014년 스포츠동아의 기사에 따르면, 신규 골퍼는 현재 골퍼 수의 12.5%인 약 37만 명으로 최근 1년간 8.9% 증가한 것으로 나타났다. 전년에 비해 1.3% 증가했으며 연령별로는 20대 26.7%, 30대 35.0%, 40대 30.8%, 50대 5.4% 등으로 30대의 유입이 두드러졌다(Joo, 2014). 과거 고소득, 고령의 골프 인구가 주를 이루었던 골프웨어 시장과는 달리 최근에는 젊은층으로 골프가 확산되면서 점차 다양한 의복 기능성과 우수한 착용감에 대한 선호가 높아지고 있으며, 소비자들의 의복에 대한 기대치가 높아짐에 따라 이에 맞는 새로운 패턴 개발이 요구되고 있다(Oh & Chun, 2011). 지속적인 골프인구의 증가, 골퍼 연령층의 하향화, 골프웨어의 대중화 및 골프 웨어 시장의 급성장에 대응하기 위해서는 다양한 기호를 만족시킬 수 있는 고기능의 제품을 제작할 수 있는 기술적 기반이 우선되어야 한다. 그러나 골프웨어에 관한 연구는 일반적인 착용실태조사에만 국한되고 아직까지 골프 동작에 따른 운동학적 측면의 과학적인 연구와 이를 평가하기 위한 객관적 자료는 극히 한정되어 인체의 동작을

†Corresponding author; Ju-Young Annie Shin
Tel. +82-2-880-8768, Fax. +82-2-879-1976
E-mail: austin0106@hanmail.net
© 2016 (by) the authors. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

반영하는 인간공학적 패턴제작이 어려운 실정이다. 따라서 골프웨어의 전문성과 기능성을 충족시키고 기술 경쟁력을 높이기 위해서는 골프웨어에 대한 과학적인 연구가 필요하다.

특히, 운동을 목적으로 한 기능적인 운동복의 경우, 운동 동작 시 영향을 받는 동작부위 탐색이 우선되어야 하며, 이를 평가하기 위한 방법 또한 요구된다. ISO 11226 규격(2000)에서는 작업 시 몸을 굽히거나 회전하는 등의 동작에 의해 변화하는 인체의 관절을 고려하여 자세 및 항목을 선정하고 있으며(Oh & Chun, 2011), 선행연구(Gûnal et al., 1996; Lim & Lee, 1996; Lim et al., 1998; Park & Ryu, 2000)와 제5차 한국인인체치수조사사업(2004)에서도 이러한 흐름을 반영하여 동적 인체측정 또는 동작 시 최대 관절 각도를 측정하는 동작가동범위(ROM, Range-of Motion)의 연구가 진행되었다. 하지만 측정 방식과 기준이 연구자에 따라 약간씩 차이가 있고, 단순화된 동작을 수행한 동작 범위에 관한 연구만이 진행되고 있어, 인체가 수행하는 작업의 종류에 따라 이용되는 관절과 신체 동작 범위에 적합한 부위의 도출이 요구되고 있다. 또한 의복 패턴 설계에 적용하기 위해서는 의복이 작용되는 상황에 맞게 피험자의 주관적 감각 평가와 의복 평가 역시 요구된다. 이처럼 평상복과는 다른 특수 상황의 동작 기능성이 요구되는 의류제품을 생산하기 위해서는 신체의 동작에 대한 보다 체계적인 정보를 수집하는 연구가 먼저 수행되어야 하겠다.

골프의 스윙동작은 어드레스(Address), 백스윙(Back swing), 백스윙탑(Back swing top), 다운스윙(Down swing), 임팩트(Impact), 팔로스루(Follow through), 피니쉬(Finish) 등의 동작으로 이루어진 연속적인 운동이며, 3차원적 방향성을 가진 움직임이기 때문에 단순화된 동작으로는 착용 목적에 맞는 정확한 수치의 도출이 어렵다.

따라서 본 연구는 인체의 동작을 고려한 인간공학적 골프웨어를 설계하기 위해, 실제 운동 시 인체의 움직임과 동일한 3차원 동작 정보를 얻을 수 있는 3차원 동작분석 장비를 활용하여 동작에 따라 변화하는 관절각을 분석하였다. 관절각 분석을 통해, 인체 동작 범위에 대한 관절각을 수량화하여 추후 의복 패턴의 기능적 설계에 필요한 측정항목을 도출하고, 구간별 측정항목을 기반으로 동작적합성 평가에 필요한 평가도구를 개발하였다. 개발된 평가지 검증을 위해서 3명의 피험자를 대상으로 골프웨어별 착용 상태에 따른 동작적합성 평가를 실시하여 평가지 차이를 살펴보고자 하였다. 위와 같은 연구는 3차원 동작분석을 패션 산업에서 활용하기 위한 기초연구로서 의미있는 일로 향후 골프 이외의 다른 운동 기능성이 요구되는 기능복의 설계에서 활용될 수 있을 것이다.

2. 이론적 배경

골프 기본 동작은 스윙(Swing), 퍼팅(Putting), 티샷(Tee-Shot), 라인(Line) 등으로 나뉜다. 그중 대부분의 기술이 스윙 동작으로 구성되어 있으며, 스윙 동작은 골프 동작 중 가장 기본이 되고 중요한 동작이다. 골프 스윙의 동작은 여러 가지의 단계를 거쳐 하나의 완성된 스윙으로 만들어지는데, 이러한 일련의 과정 중에 정확하고 올바른 스윙 형태를 마지막까지 유지해야 좋은 결과를 얻을 수 있다(Kwon, 2001). 스윙에는 어드레스(Address), 백스윙(Back swing), 백스윙탑(Back swing top), 다운스윙(Down swing), 임팩트(Impact), 팔로스루(Follow through), 피니쉬(Finish) 등의 동작이 포함된다. 골프 스윙은 이 모든 동작이 조화롭게 이어져야 하며, 평면상에 이루어지는 것이라기보다는 운동학적 변인들이 동시에 작용하는 입체면 상의 동작이다(Lim & Lee, 1996). 골프 동작은 신체의 여러 분절과 손에 연결된 골프채의 끝 분절을 적절히 사용하여 골프채의 끝에서 가장 빠른 속도 또는 의도한 속도를 내게 하고, 골프채의 운동량이 충격과정을 통하여 골프볼에 가장 크게 전달되도록 골프 클럽헤드의 충격 중심점에 공의 중심점이 맞도록 하는 것이다(Lee, 2000). 이를 위해서는 스윙 시 동원되는 인체 분절의 협응이 잘 이루어져야 한다.

인체의 운동이 발생되는 뼈와 뼈의 연결부위인 관절은 연결형태와 운동이 가능한 정도에 따라 움직임이 없고, 서로 밀착되어 있는 머리뼈 형 관절(섬유관절), 제한된 범위 내의 운동이 허용되고, 뼈끝 사이에 약간의 간격이 있어 그 속에 연골이 들어있는 척추형 관절(연골관절), 움직임이 매우 자유롭고 뼈끝 사이가 서로 떨어져 있는 팔다리형 관절(윤활관절 또는 활막관절)로 구분된다. 움직임이 가장 자유롭게 이루어지는 활막관절은 관절면 형태와 근육이 부착되어 있는 형태에 따라 운동영역이 결정된다(Lee et al., 2002). 따라서 인체 동작은 기준면, 축, 방향, 동작 용어로 표현되며 이러한 인체 동작 관련 용어들은 운동역학, 해부학, 의류학 등의 분야에서 사용된다.

인체의 관절에서 일어나는 운동, 즉 동작 범위(Range of Motion, ROM)는 주어진 시간에 두 개의 동작으로 이루어진 각도, 또는 한 동작과 수평, 수직으로 얻어지는 각도로, 최대범위는 정상상태에서 뼈와 근육의 압축으로 가능한 두 개의 최대 동작에서 나온 각도를 말한다(Yoon et al., 2002). 3차원 동작분석 시스템으로는 Motion Analysis(Motion Anaysis, US), Qualisys(Qualisys AB, Sweden), VICON(Vicon Motion Analysis, UK), Kwon3D(Visol, Korea), Optotrak Certus(Northern Digital Inc, Canada) 등이 있다. 이 중 본 연구에서 사용한 Qualisys는 스웨덴 시스템으로 비교적 작동 방법이 간단하고 데이터 리포팅 속도가 빠른 장점을 가진다. 3차원 동작분석을 위해 피험자는 최소한의 실험복만을 착용한 상태에서 관절과 분절에 마커(marker)와 클러스터(cluster)를 부착하게 된다. 마커는 작은 구형의 물체에 반사물질을 도포하여 빛이나 적외선을 반사시켜 어느 방향에서도 잘 보이도록 제작한 것이며, 클러스터는 플라스틱 판 위에 여러 개의 마커를 부착한 것으로, 3차원 동작 분석 시 마커와 클러스터를 함께 사용하고 있다. 관절각은 상대 분절에 대한 한 분절의 방향각을 해석, 기술함으로써 얻을 수 있다. 따라서 동작 범위는 관절각(joint angle)으로 수량화되어 표현된다(Han et al., 2012). 신체 운동의 3차원 각을 산출하는

방법에는 가장 많이 사용되는 Cardan/Euler 각 방법이 사용되었다. Cardan/Euler 각은 굴곡/신전, 내전/외전, 내측/외측 회전의 해부학적 관절 움직임을 나타내는데 사용되며, 관절의 움직임은 근위 분절에 대한 원위 분절의 운동으로 정의된다(Ryu, 2002).

동작 범위 연구는 신축성 없는 소재로 의복을 만드는 경우나 보호복 제작에 있어서 운동량의 적용과 기능성 향상을 위한 세부적이고 구체적인 자료로 활용될 수 있다. 즉, 의복의 패턴 설계 시 여유분을 일률적으로 주기보다는 동작 범위 측정 자료를 적용하는 것이 인체에 적합한 의복을 만들 수 있기 때문이다(Park & Ryu, 2000). Lee(1993)의 선행연구에서 골프복 착용감에 있어서 착용자의 90%가 스윙 동작에서 가장 큰 불편함을 느꼈다는 점 역시 골프복 설계 시 동작에 대한 고려가 필요함을 뒷받침해 준다. 따라서 동작 범위는 운동량이 큰 스프츠 웨어(sports wear)에 있어서 구조와 기능, 형태, 움직임이 반영될 수 있도록 활용 가능한 인체 동작 데이터로 획득되어야 하며, 이 데이터가 패턴과 디자인 개발에 일차적으로 고려되어야 하겠다.

동작분석은 2차원적 측정기술에서 출발하여 현재는 3차원 측정기술이 보편화되어 가고 있으며, 운동역학 분야에서 가장 활용도가 높은 분석방법 중 하나로, 기록된 영상으로부터 여러 가지 운동변인과 자세변인을 계측하는 분석방법이다(Park et al., 2005). 또한 3차원 분석은 공간상의 운동을 평면적으로 분석함에 따라 발생하는 오차를 해결함과 동시에 피험자가 일정 시간 동안 한 가지 동작을 지속적으로 취하고 있어야 하는 구속성과 실험자와 피험자간의 간섭이 발생하는 단점을 해결해주고 있어 그 사용범위가 확대되고 있다(Han et al., 2012; Park & Ryu, 2000).

다양한 인체 활동 영역을 충족시킬 수 있는 의복 기능성을 부여하기 위해서는 신체 운동에 적절히 대응되는 의복의 설계가 요구되며 이러한 의복설계에 있어서 동작을 고려하는 것은 필수 조건이기 때문에 의복의 동작접합성에 관한 연구가 계속되어왔다. 그러나 선행연구들의 동작적합성 평가 방법들의 경우, 어느 동작의 고정시에 측정하거나(Oh & Chun, 2011; Ryou, 2009), 단순화된 동작을 측정하는 것으로(Han et al., 2012; Kim et al., 2002; Lee & Chun, 2011; Yoo & Kweon, 2006) 연속적인 동작의 변화를 포함하지 못한다. 또한 측정 부위에 대한 평가가 편함/불편함 정도의 평가만을 측정하고 있어(Lee & Choi, 2004; Oh & Chun, 2011; Ryou, 2009; Yoo & Kweon, 2006), 패턴과 여유분 설계 시 필요한 정보를 얻기에 부족한 면이 있다. 따라서 신체 운동에 적절히 대응되는 의복의 설계를 위해 운동기능성 평가에 있어서 체계적인 측정 평가지와 이를 활용할 수 있는 측정 방법의 개발이 필요하다.

3. 연구방법

본 연구에서는 인간공학적 골프웨어 개발을 위한 자료도출을 목적으로 3차원 동작분석을 실시하였으며, 동작분석 결과 산출된 3차원 각도 값과 각 관절 운동 항목의 최대, 최소값을 도출하여 관절각을 산출하였다. 산출된 관절각은 평가 동작 설정과 평가 항목 설정에 활용되었다. 평가 동작 설정을 위해서 스윙 동작의 구간분석과 경향을 파악하였으며, 평가 항목 설정을 위해서 패턴 구성 요소를 분석하고 착의 평가 방법을 개발하여 동작적합성 평가 문항을 설정하였다. 이를 검증하기 위해 골프 셔츠를 착용하여 개발된 동작적합성 평가지를 활용하여 실험을 진행하였다.

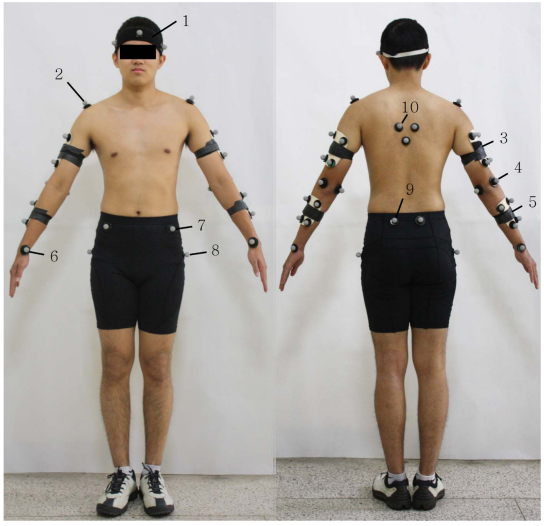
3.1. 피험자

피험자는 본교 체육대학 내에서 20대 남성 중에서 골프 스윙 동작의 자세와 스윙 결과가 안정되며 일관성이 있다고 판단되는 20오버 파(over-par) 이하의 남성으로 모집하였다. 지원자의 키와 몸무게는 고려하지 않았으나 골프웨어 상의 95사이즈를 입는 남성으로 총 3명을 선별하였다. 피험자들의 3차원 인체측정치는 Table 1과 같다.

Table 1. Subject's 3D Body measurements (unit : cm)

Height /Length \ Subject	Subject 1	Subject 2	Subject 3	Circumference \ Subject	Subject 1	Subject 2	Subject 3
Height	176	170	172	Neck circumference	40	37	39.7
Waist back length	42	40	40.5	Chest circumference	92	84	89.5
Bishoulder Length	49	42	44	Waist circumference	76	72	74
Shoulder length	17	13.5	14.5	Waist Circumference (Omphalion)	77.5	73	78
Upperarm length	34.5	32	35	Hip circumference	94.5	87	90
Arm length	60	56	59.5	Armscye circumference	41	42	40
Year	23	26	23	Upper arm circumference	32	29	35
Exercise career	4	2	10	Body weight(kg)	69	54	61

Number	Marker name	Marker attachment location
1	RIGHTHEAD	
	FRONTHEAD	
	LEFTHEAD	
2	Rshoulder	
	Lshoulder	
3	RUPPERARM1-4	
	LUPPERARM1-4	
4	RLATERALELBOW	
	RMEDIALELBOW	
	LLATERALELBOW	
	LMEDIALELBOW	
5	RLOWERARM1-4	
	LLOWERARM1-4	
6	RLATERALWRIST	
	RMEDIALWRIST	
	LLATERALWRIST	
	LMEDIALWRIST	
7	RASIS	
	LASIS	
8	RGT	
	LGT	
9	RPSIS	
	LPSIS	
10	TRUNK1-3	
11	CLUBHANDLE	
	CLUBMIDDLE	
12*	RIGHT_HIP	
	LEFT_HIP	
	RIGHT SHOULDER	
	LEFT SHOULDER	



*Calculated marker on program

Fig. 1. Marker name for 3D motion analysis.

3.2. 3차원 동작분석 실험

3차원 동작분석은 각 피험자가 같은 방법으로 2일간 진행하였다. 실험은 2단계로 구성되었으며 1단계는 준비운동 단계, 2단계는 동작분석 단계로 구성되었다. 3차원 동작분석 전문가가 마커와 클러스터를 이용하여 인체 주요 관절에 마킹한 후, 3차원 동작분석을 실시하였다. 피험자의 관절과 분절에 부착한 마커에 대한 명칭은 3차원 동작분석 프로그램인 Visual 3D에서 사용되는 라벨링과 동일하게 표기하였다(Fig. 1). 골프 클럽 2개를 포함하여 총 26개의 마커를 부착하였으며 Fig. 1의 12번 항목 4개의 경우, Visual 3D 상에서 계산되어 나온 항목이다.

측정항목은 스윙 동작에 의한 목, 어깨, 팔꿈치, 몸통 각으로 3차원 공간에서 다른 분절에 대한 한 분절의 방향각을 구하였다. 동작분석 데이터에 사용되는 스윙 동작은 피험자 1명당 동일 동작으로 10번씩 측정되었으며, 이 중 비거리 220야드(yard) 이상인 6번의 동작을 선택하여, 해당 값들의 평균값을 사용하였다. 비거리 측정에는 Flight Scope를 사용하였다. 피험자 3명의 동일한 스윙동작 6회씩을 분석하여 총 18회의 스윙동작 데이터의 평균값을 사용하였으며, 동작분석 측정용어는 Table 2와 같다. 피험자를 기준으로 전후는 X축, 좌우는 Y축, 수직방향을 Z축으로 설정하였다.

3차원 동작분석은 영상획득, 자료수집, 자료 분석의 과정을 거친다. 이 때에 사용되는 장비로는 영상 분석을 위해 적외선 카메라(Qualisys Oqus 500) 8대가 사용되었으며, 측정 전 공간 좌표 설정을 위하여 L자형 Frame과 T자형 Wand를 사용하여 캘리브레이션(Calibration)을 하였다. 모든 자료의 획득에는 QTM(Qualisys Track Manager 2.4(Build 540), Sweden) 소프트웨어를 사용하였다(Fig. 2). 자료 분석에는 동작범위 추출에는 동작분석 프로그램인 Visual 3D Ver. 3.99.25.8(C-motion, Inc., U.S)이 사용되었으며, 분석시의 노이즈는 3차원 스플라인 보간법을 사용하여 각각의 시간에 따른 위치 좌표의 함수를 이용하였다. 노이즈로 인한 오차를 최소화하기 위하여 좌표의 평활화(Smoothing) 과정을 거치며 저역 통과 필터(Butterworth low pass filter)를 사용하여 차단 주파수 20Hz로 설정하였다.

3.3. 동작적합성의 평가항목 분석

Table 2. Joint measurements

Measurements		X		Y		Z	
		(+)	(−)	(+)	(−)	(+)	(−)
Neck		Head Flexion	Head Extension	Head Right Flexion	Head Left Flexion	Head Left Rotation	Head Right Rotation
Shoulder	R	Extension	Flexion	Side Right Flexion	Side Left Flexion	Left Rotation	Right Rotation
	L	Flexion	Extension	Adduction	Abduction	Medial Rotation	Lateral Rotation
Elbow	R	Flexion	Extension	Abduction	Adduction	Lateral Rotation	Medial Rotation
	L	Flexion	Extension	Varus	Eversion	Pronation	Supination
Torso		Flexion Extension	Extension Flexion	Eversion Right Flexion	Varus Left Flexion	Supination Left Rotation	Pronation Right Rotation

Fig. 2. Qualisys Oqus 500(Left) and Qualisys Track Manager 2.4(Right).

3.3.1.동작의 설정

골프 스윙 동작은 어드레스(Address), 백스윙(Back swing), 백스윙탑(Back swing top), 다운스윙(Down swing), 임팩트(Impact), 팔로스루(Follow through), 피니쉬(Finish) 동작으로 구분 할 수 있으나, 본 연구에서는 스윙 동작의 국면을 정확한 시점을 기준으로 세분화하기 위해 Chang et al.(2011)의 연구를 참고하여 설정한 국면에 의한 8개 구간으로 나누어 분석하였다(Fig. 3).

1) 제 1구간(Phase 1: P1)은 어드레스에서 지면과 클럽샤프트가 평행한 시점(미들백스윙)

2) 제 2구간(P2)은 지면과 클럽샤프트가 평행한 시점(미들백스윙)에서 지면과 왼팔(상완)이 평행한 시점(백스윙탑 시작)

3) 제 3구간(P3)은 지면과 왼팔(상완)이 평행한 시점(백스윙탑 시작)에서 백스윙탑을 지나 지면과 왼팔(상완)이 평행한 시점(백스윙탑 끝)

4) 제 4구간(P4)은 지면과 왼팔(상완)이 평행한 시점(백스윙탑 끝)에서 지면과 클럽샤프트가 평행한 시점(미들다운스윙)

5) 제 5구간(P5)은 지면과 클럽샤프트가 평행한 시점(임팩트)

6) 제 6구간(P6)은 임팩트에서 지면과 클럽샤프트가 평행한 시점(미들팔로스루)

7) 제 7구간(P7)은 지면과 클럽샤프트가 평행한 시점(미들팔로스루)에서 지면과 오른팔(상완)이 평행한 시점(피니쉬 시작)

8) 제 8구간(P8)은 지면과 오른팔(상완)이 평행한 시점(피니쉬 시작)에서 피니쉬(피니쉬 끝)

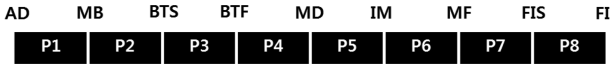


Fig. 3. Situation of swing motion.

세부 국면은 어드레스(AD), 미들백스윙(MB), 백스윙탑 구간(BTS, BT, BTF), 미들다운스윙(MD), 임팩트(IM), 미들팔로스루(MF), 피니쉬(FIS, FI)로 하였다(Fig. 4).

3.3.2. 동작적합성의 평가항목을 활용한 평가지 개발 및 활용

동작적합성, 동작착용감, 동작맞음새 평가를 위한 동작 구간 설정을 위해, 피험자에게서 추출한 각 동작을 프레임 단위로 스윙 동작 구간을 나누었다. 각 동작에서 X, Y, Z축에 대한 최대값과 최소값을 분석하여 스윙 동작 구간에서 최대의 동작 범위로 움직인 동작 항목을 추출하였다. 최대 동작 범위에 해당하는 항목으로 평가지 문항을 설정하였으며, 패턴부위의 문항 구성은 의복을 구성하는 기본적인 상의의 패턴 측정선(Nam & Lee, 2005)과 선행연구(Ryu, 2005)의 제품치수 측정 부위를 바탕으로 구성하였다. 개발된 평가지는 동작적합성, 동작착용감, 동작맞음새 별 55개 항목으로 구성되었으며, 선행 연구들(Ryu, 2005; Oh & Chun, 2011; Han et al., 2012; Hwang, 2009; Ryou, 2009)을 바탕으로 리커트식 척도를 사용하였다(Table 3).

개발된 평가지 검증을 위해 3명의 피험자를 대상으로 착의평가를 실시하였다. 착의평가에 사용된 골프웨어는 피험자들이 평소에 입는 95사이즈를 사용하였으며 동작 적합성 평가지의 적합성 검증을 위해, 골프셔츠를 착용한 상태, 골프셔츠 위에 바람막이 점퍼를 착용한 상태, 드레스셔츠를 착용한 상태 등 3가지 착의 상태에서 실시하였다.

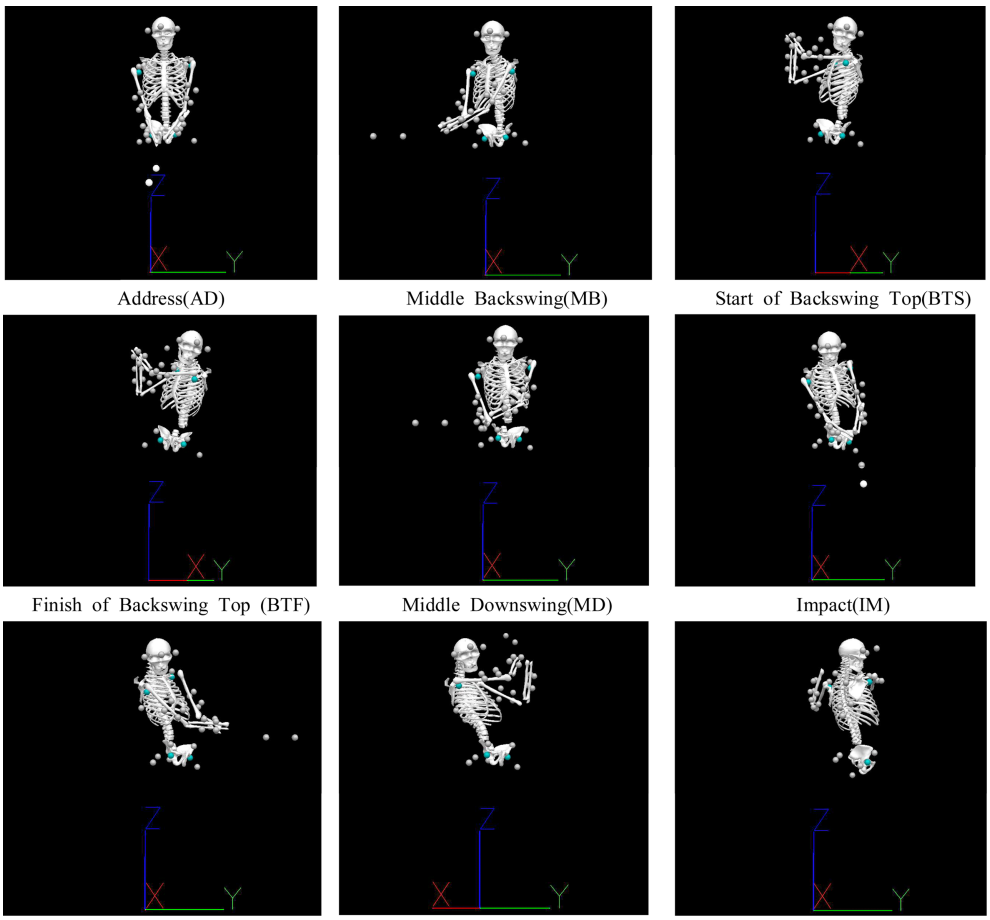


Fig. 4. Situation model on visual3D program.

Table 3. Scaling method of motion suitability, wearing sensation, fitness

Motion suitability				
Very uncomfortable	Uncomfortable	Normal	Comfortable	Very comfortable
①	②	③	④	⑤
Motion wearing sensation				
Not fit very well	Not fit well	Normal	Fit well	Fit very well
①	②	③	④	⑤
Motion fitness				
Very small and very short	Small and short	Fit well	Large and long	Very large and very long
①	②	③	④	⑤

4. 결과 및 논의

4.1. 골프 스윙동작의 관절각 분석

스윙 동작 시 X축, Y축, Z축에 대해 움직인 목 관절각은 머리 굴곡/신전(Neck Flexion/Extension), 머리 우측 외전/좌측 외전(Neck Side Flexion Right/Left), 머리 우측 회전/좌측 회전(Neck Rotaion Right/Left)의 관절각으로 나타낼 수 있다. 스윙 동작 동안에 최대 63.00°, 최소 11.51°의 굴곡 자세를 나타내었고, 오른쪽으로 39.63°, 왼쪽으로 42.16° 기울인 자세인 우측 외전/좌측 외전을 나타내었다. 좌측 회전/우측 회전은 왼쪽으로 45.65°, 오른쪽으로 64.01° 회전한 것으로 나타나 왼쪽에 비해 오른쪽으로 회전한 범위가 큰 것으로 관찰되었다. 최대 동작 범위를 보인 항목은 좌측 회전/우측 회전으로 109.66°이다.

어깨 관절각은 어깨 굴곡/신전(Shoulder Flexion/Extension),

어깨 내전/외전(Shoulder Adduction/Abduction), 어깨 내측 회전/외측 회전(Shoulder Medial Rotation/Lateral Rotation)의 관절각으로 나타낼 수 있다. 어깨 관절각은 굴곡을 제외한 항목 모두 오른쪽에 비해 상대적으로 왼쪽이 큰 것으로 나타났으며,

Table 4. Joint angle of right elbow (unit : degree)

Left		Value	Subject 1	Subject 2	Subject 3	Average	Joint angle	Standard deviation	*
Elbow	X	Maximum value	145.39	150.26	142.31	145.98	125.15	10.97	125.15
	X	Minimum value	16.36	16.91	29.22	20.83		6.62	
	Y	Maximum value	10.22	30.19	13.55	17.98	17.98	10.95	27.38
	Y	Minimum value	-11.77	-0.84	-15.59	-9.40	9.40	10.57	
	Z	Maximum value	-31.80	-30.75	-36.92	-33.16	45.31	5.76	45.31
	Z	Minimum value	-74.25	-85.58	-75.57	-78.47		9.69	
		Value	Subject 1	Subject 2	Subject 3	Average	Joint angle	Standard deviation	*
Neck	X	Maximum value	-14.41	-8.25	-11.89	-11.51	51.49	4.43	51.49
	X	Minimum value	-69.29	-53.94	-65.78	-63.00		14.13	
	Y	Maximum value	41.72	37.86	39.32	39.63	39.63	2.00	81.79
	Y	Minimum value	-37.11	-44.42	-44.94	-42.16	42.16	4.78	
	Z	Maximum value	45.07	46.01	45.87	45.65	45.65	3.39	109.66
	Z	Minimum value	-67.23	-63.06	-61.73	-64.01	64.01	3.23	
		Value	Subject 1	Subject 2	Subject 3	Average	Joint angle	Standard deviation	*
Torso	X	Maximum value	26.57	26.83	17.57	23.65	23.65	6.18	44.51
	X	Minimum value	-11.95	-21.38	-29.26	-20.86	20.86	8.77	
	Y	Maximum value	26.37	26.71	21.64	24.91	24.91	2.63	33.14
	Y	Minimum value	-6.09	-12.51	-6.09	-8.23	8.23	3.30	
	Z	Maximum value	39.22	28.99	40.04	36.08	36.08	6.91	78.41
	Z	Minimum value	-48.72	-34.84	-43.42	-42.33	42.33	5.98	
Right		Value	Subject 1	Subject 2	Subject 3	Average	Joint angle	Standard deviation	*
Shoulder	X	Maximum value	90.55	82.51	91.10	88.05	83.27	5.90	83.27
	X	Minimum value	3.74	2.27	8.34	4.78		3.04	
	Y	Maximum value	44.46	52.09	44.43	46.99	46.99	4.47	92.32
	Y	Minimum value	-54.31	-42.03	-39.65	-45.33	45.33	6.68	
	Z	Maximum value	64.89	74.23	72.74	70.62	70.62	8.84	125.25
	Z	Minimum value	-62.18	-61.52	-40.19	-54.63	54.63	13.30	
Left		value	Subject 1	Subject 2	Subject 3	Average	Joint angle	Standard deviation	*
Shoulder	X	Maximum value	79.52	61.42	88.15	76.36	76.36	12.30	84.24
	X	Minimum value	-24.62	8.28	-7.30	-7.88	7.88	18.03	
	Y	Maximum value	72.54	36.42	49.75	52.90	52.90	17.26	121.85
	Y	Minimum value	-65.72	-70.92	-70.21	-68.95	68.95	4.14	
	Z	Maximum value	83.24	59.06	55.72	66.01	66.01	24.99	143.03
	Z	Minimum value	-66.43	-80.60	-84.04	-77.02	77.02	9.03	
Right		Value	Subject 1	Subject 2	Subject 3	Average	Joint angle	Standard deviation	*
Elbow	X	Maximum value	148.96	143.98	133.58	142.17	112.91	7.68	112.91
	X	Minimum value	25.02	28.58	34.19	29.26		4.91	
	Y	Maximum value	20.30	10.11	9.97	13.46	13.46	8.11	34.58
	Y	Minimum value	-16.40	-25.59	-21.38	-21.12	21.12	6.50	
	Z	Maximum value	86.61	78.09	78.97	81.22	46.69	6.26	46.69
	Z	Minimum value	30.92	32.64	40.04	34.53	46.69	4.91	

* ROM by axis = Maximum value - Minimum value

최대 동작 범위를 보인 항목은 왼쪽 어깨 내측 회전/외측 회전이다. 스윙 동작 시 상대적으로 오른쪽 어깨 관절에 비해 왼쪽의 관절의 움직임이 크다고 할 수 있다.

몸통 관절각은 몸통 굴곡/신전(Torso Flexion/Extension), 몸통 우측 외전/좌측 외전(Torso Side Flexion Right/Left), 몸통 우측 회전/좌측 회전(Torso Rotaion Right/Left)의 관절각으로 나타낼 수 있다. 스윙 동작 동안에 몸통 신전이 23.65°, 굴곡이 20.86°를 나타내었고, 오른쪽으로 24.91°, 왼쪽으로 8.23° 기울인 자세인 우측/좌측 외전을 나타내었다. 좌측 회전/우측 회전은 왼쪽으로 36.08°, 오른쪽으로 42.23° 회전한 것으로 나타나 왼쪽에 비해 오른쪽으로 회전한 범위가 큰 것으로 관찰되었다. 최대 동작 범위를 보인 항목은 좌측 회전/우측 회전으로 78.41°이다.

오른쪽 팔꿈치는 최대 142.17°, 최소 29.26°로 굴곡이 이루어지며, 왼쪽 팔꿈치는 최대 145.98°, 최소 20.83°로 굴곡이 이루어진다. 팔꿈치 내반은 오른쪽이 13.46°, 왼쪽이 9.40°로 나타나며, 팔꿈치 외반은 오른쪽이 21.12°, 왼쪽이 17.98°로 나타났다. 팔꿈치 회내는 오른쪽이 최대 81.22°, 최소 34.53°로 나타났고, 왼쪽이 최소 33.16°, 최대 78.47°로 나타났다. 이와 같이 팔꿈치에서는 신전과 회외는 나타나지 않았으며, 최대 동작 범위를 보인 항목은 왼쪽 팔꿈치 굴곡으로 125.15°이다(Table 4). Table 4의 피험자 1, 2, 3에 제시한 데이터는 동일 스윙동작 10회 측정 값 중 6회의 평균값이다.

120° 이상 값의 동작 범위를 가진 항목은 왼쪽 어깨 외측/내측 회전, 오른쪽 어깨 내측/외측 회전, 왼쪽 팔꿈치 굴곡/신전, 왼쪽 어깨 외전/내전 순이다. 의복의 패턴 설계시 몸통부위보다 120° 이상의 동작 범위를 지닌 어깨 항목들의 움직임을 편안하게 해줄 절개선의 설정이나, 소재의 사용이 필요한 것으로 보인다.

4.2. 골프 스윙동작의 동작적합성 평가

동작적합성 평가를 위한 동작 구간 분석은 목, 어깨, 팔꿈치, 몸통 등으로 이루어졌다. 각 관절의 X축, Y축, Z축에 대한 스윙 동작 범위의 동작을 분석한 결과, 피험자별 최대값과 최소값 구간의 개인별 차이가 있었으나, 동작에 대한 관절각의 변화 경향이나 편차는 크지 않은 것으로 나타났다. 각 동작 중에서 스윙 구간의 최대값과 최소값을 포함하는 1개의 스윙 동작 경향을 항목별로 제시하였다.

목 관절의 X축, Y축, Z축에 대한 동작 범위를 나타내는 값은 Fig. 5와 같다. 그래프의 가로축은 프레임(Frame), 세로축은 각도(Degree, °)를 나타낸다. 목 관절은 몸통 분절을 기준으로 머리 분절이 움직인 각도를 나타낸다. FIS-FI 구간에서 몸통 분절을 기준으로 머리가 왼쪽으로 회전한 각도가 가장 크게 나타났고, BTS-BTF 구간에서 오른쪽으로 회전한 각도가 가장 크게 나타났다. 이것은 스윙 동작 중 BTS-BTF 구간에서 몸통이 오른쪽으로 회전하여 그 결과 목 관절각은 왼쪽으로 회전한 각도로 나타난 것이며, FIS-FI 구간에서 몸통이 왼쪽으로

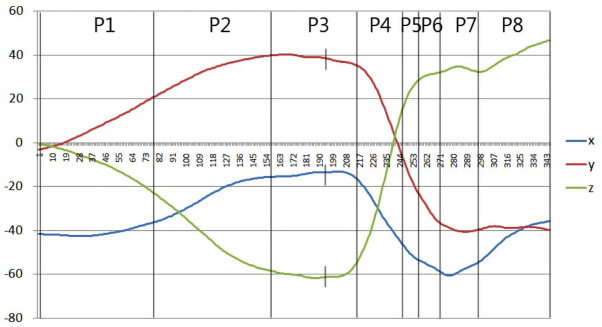


Fig. 5. Change of the neck joint angle.
Note. P1: Middle backswing, **P2:** Start of backswing top, **P3:** Finish of backswing top, **P4:** Middle downswing, **P5:** Impact, **P6:** Middle follow-through, **P7:** Start of finish, **P8:** End of finish

회전하여 목 관절각은 오른쪽으로 회전한 각도로 나타난 것이다.

오른쪽 어깨 관절은 몸통 분절을 기준으로 오른쪽 상완이 움직인 각도를 나타낸다. 스윙 동작 전체 구간에서 오른쪽 상완은 시상면에 대해 몸통 분절을 기준으로 앞쪽으로 나온 상태이며, FIS-FI 구간에서 각도의 값이 가장 큰 것으로 관찰되었다. 반면, 몸통 분절을 기준으로 왼쪽 상완이 안쪽으로 회전한 각도는 어드레스부터 임팩트 전까지 큰 변화가 없으며, 임팩트 순간에서 가장 크게 나타났고, 왼쪽 상완이 가쪽으로 회전한 각도는 FIS-FI 구간에서 가장 크게 나타났다.

X축에 대한 오른쪽 팔꿈치의 동작 범위(팔꿈치 굴곡/신전)의 최대값과 최소값은 모두 (+)값을 나타내어 팔꿈치 굴곡 움직임만 나타나는 것으로 관찰되었다. 팔꿈치 굴곡이 최대로 일어나는 즉, X축에 대한 최대값은 BTS-BTF(P3) 구간에서 나타났다. 왼쪽 상완을 기준으로 왼쪽 전완을 안쪽으로 돌린 각도 값은 어드레스부터 미들다운 스윙까지 변화가 거의 없으며 BTF-MD 구간에서 가장 크게 나타났으며 바깥쪽으로 돌리는 동작은 나타나지 않았다. 전체적으로 각도가 거의 일정하며, 변화가 크게 일어나지 않는 것으로 관찰되었다.

몸통 관절의 X축, Y축, Z축에 대한 동작 범위를 나타내는 값은 Fig. 6과 같다. 골프 스윙을 하는 동안에 몸통의 어깨 관절과 고관절이 회전하게 되고 이 각각의 관절들은 각도를 만들

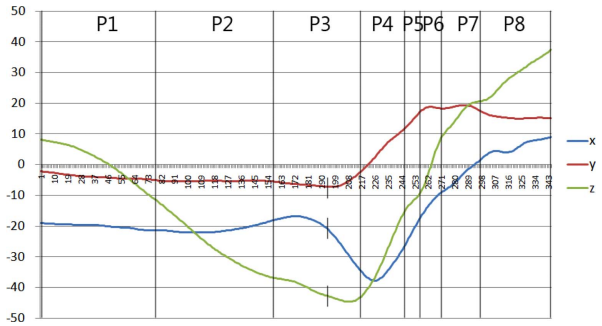


Fig. 6. Change of the torso joint angle.

Table 5. Conclusion of swing section analysis

Part \ Axis & value		X axis		Y axis		Z axis	
		Max. value	Min. value	Max. value	Min. value	Max. value	Min. value
Neck		-	P7	P3	P7	P8	P3
Shoulder	R	P8	-	P8	P3	P8	P3
	L	P3	P7	P8	P3	P8	IM
Elbow	R	P3	-	P7	P5	P8	-
	L	P8	-	P5	P7	-	P4
Torso		P8	P4	P7	P3	P8	P3

게 된다. 본 연구에서는 몸통의 분절을 강체라고 가정하여, 제시한 몸통 관절의 각도는 고관절을 기준으로 몸통 분절이 움직인 각도를 나타낸다. 3차원 동작분석 자료는 골프 스윙시의 몸통의 꼬임을 측정하는 것이 한계점으로 나타났다. 이는 몸통꼬임이 일어나는 국면인 백스윙탑의 시작(P3)과 지면과 왼팔이 평행한 시점인 백스윙탑의 끝을 나타내는 P4의 구간의 회전 굴곡 신전이 복합적으로 표현되어야 할 것으로 생각되며 본 논문에서는 몸통 관절각의 변화로 추정하는데 그쳤다.

목, 어깨, 팔꿈치, 몸통 등의 동작 구간별 최대 동작 범위를 나타내는 구간을 Table 5에 제시하였으며 이와 같은 결과에 따라 평가지의 항목을 구성하였다.

4.3. 동작적합성 평가지 개발 및 활용

관절 동작에 의해 영향을 받는 상의의 측정 문항을 설정하기 위해 선행 연구의 평가 문항을 참고하였다(Han et al., 2012; Hwang, 2009; Oh & Chun, 2011; Ryu, 2005; Ryou, 2009; SizeKorea, 2004). 동작에 의한 의복의 평가를 위해서는 동작적합성 평가, 동작착용감 평가, 동작 맞음새 평가가 함께 이루어지는 것이 정확한 판단에 도움이 될 것으로 판단되었다. 앞서 상의의 패턴 측정선, 제품치수 측정부위, 선행연구를 바탕

Table 6. Developed evaluation instrument

Evaluation contents of motion section \ Five-choice			①	②	③	④	⑤
①very small and very short ②small and short ③fit well ④large and long ⑤very large and very long							
P3	1	How do you feel comfortable around neck area while your golf swing?					
	2	How do you feel comfortable around length of center back collar?					
	3	How do you feel comfortable around right side seam line?					
	4	How do you feel comfortable around left side seam line?					
	5	How do you feel comfortable around bust (front) circumference area while your golf swing?					
	6	How do you feel comfortable around bust (back) circumference area?					
	7	How do you feel comfortable around waist circumference (front) area?					
	8	How do you feel comfortable around waist circumference (back) area?					
	9	How do you feel comfortable around hem line while your golf swing?					
	10	How do you feel comfortable around interscye (back) length while your golf swing?					
	11	How do you feel comfortable around waist (front) length?					
	12	How do you feel comfortable around waist (back) length while your golf swing?					
	13	How do you feel comfortable around right (front) armhole?					
	14	How do you feel comfortable around left (front) armhole?					
	15	How do you feel comfortable around right (back) armhole while your golf swing?					
	16	How do you feel comfortable around left (back) armhole ?					
	17	How do you feel comfortable around right length of sleeve?					
	18	How do you feel comfortable around left length of sleeve while your golf swing?					
	19	How do you feel comfortable around right width of sleeve?					

Table 6. Continued

Evaluation contents of motion section		Five-choice	①	②	③	④	⑤
①very small and very short ②small and short ③fit well ④large and long ⑤very large and very long							
P4	20	How do you feel comfortable around bust (back) circumference?					
	21	How do you feel comfortable around waist (back) circumference?					
	22	How do you feel comfortable around interscye (back) length?					
	23	How do you feel comfortable around waist (back) length?					
	24	How do you feel comfortable around left width of sleeve?					
P5	25	How do you feel comfortable around right width of sleeve?					
	26	How do you feel comfortable around left width of sleeve?					
P7	27	How do you feel comfortable around neck area while your golf swing?					
	28	How do you feel comfortable around length of center back collar?					
	29	How do you feel comfortable around right side seam line?					
	30	How do you feel comfortable around left side seam line?					
	31	How do you feel comfortable around interscye (front) length?					
	32	How do you feel comfortable around bust (front) circumference area while your golf swing?					
	33	How do you feel comfortable around waist (front) circumference area while your golf swing?					
	34	How do you feel comfortable around left (front) armhole?					
P8	35	How do you feel comfortable around neck circumference?					
	36	How do you feel comfortable around length of center back collar?					
	37	How do you feel comfortable around right side seam line?					
	38	How do you feel comfortable around left side seam line?					
	39	How do you feel comfortable around bust (front) circumference area?					
	40	How do you feel comfortable around bust (back) circumference area?					
	41	How do you feel comfortable around waist (front) circumference area?					
	42	How do you feel comfortable around waist (back) circumference area?					
	43	How do you feel comfortable around hem line?					
	44	How do you feel comfortable around interscye (front) length?					
	45	How do you feel comfortable around interscye (back) length?					
	46	How do you feel comfortable around waist (front) length?					
	47	How do you feel comfortable around waist (back) length?					
	48	How do you feel comfortable around right (front) armhole?					
	49	How do you feel comfortable around left (front) armhole?					
	50	How do you feel comfortable around right (back) armhole?					
	51	How do you feel comfortable around left (back) armhole?					
	52	How do you feel comfortable around right length of sleeve?					
	53	How do you feel comfortable around left length of sleeve?					
	54	How do you feel comfortable around right width of sleeve?					
	55	How do you feel comfortable around left width of sleeve?					

으로 구성된 평가 문항과 스윙 동작 구간 별 최대 동작 범위 항목을 사용하여 평가지를 개발하였다. 개발된 평가지는 동작적합성, 동작착용감, 동작맞음새 별 55개 항목으로 구성되었으며 Table 6에는 동작맞음새 평가문항을 도표로 나타내었다. 설문지 문항은 5지선다형으로 구성하였으며 동작적합성, 동작착용감, 동작맞음새에 따른 리커트식 척도는 Table 3에 제시되어 있다.

동작적합성 평가지를 사용하여 3명의 피험자를 대상으로 골프셔츠를 착용한 상태, 골프셔츠 위에 바람막이 점퍼를 착용한 상태, 드레스셔츠를 착용한 상태의 세 가지 착의상태에서 동작

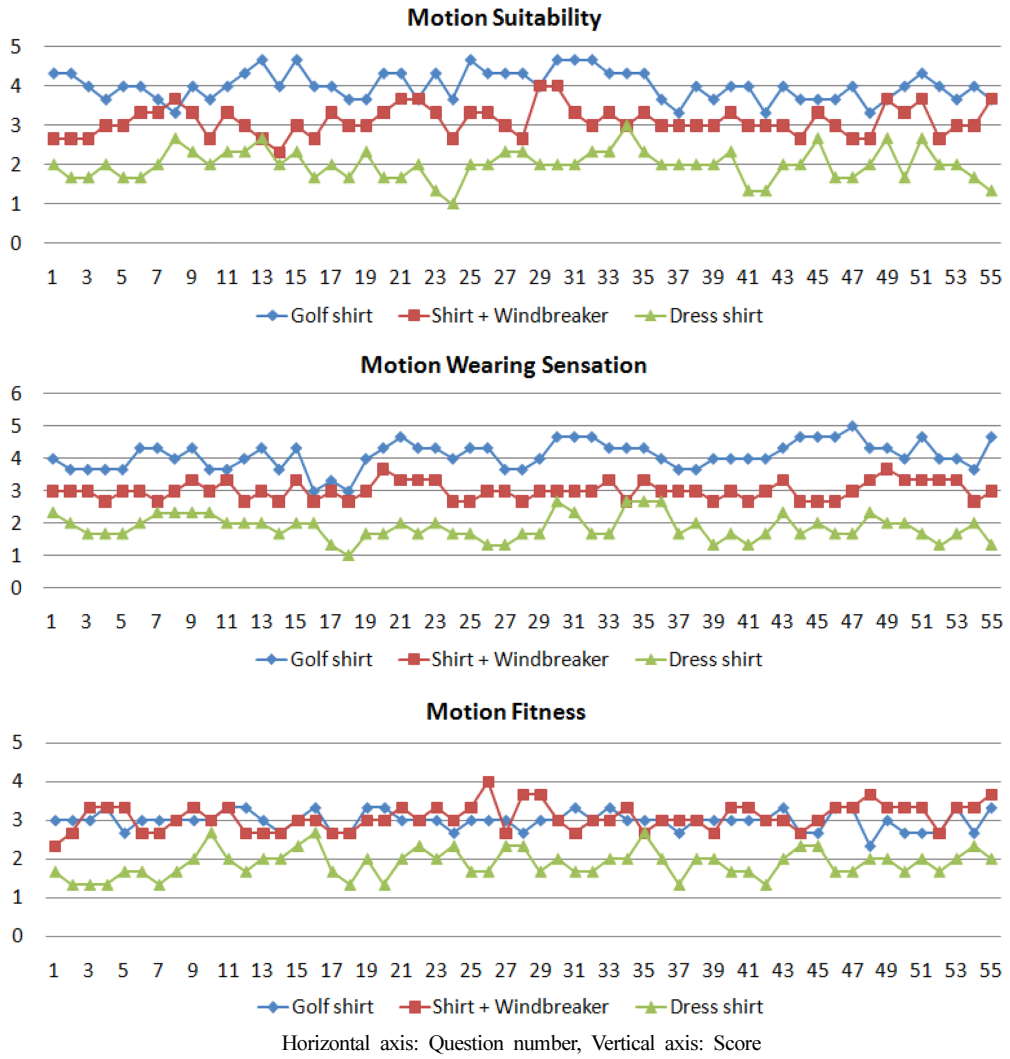


Fig. 7. Evaluation result of motion suitability.

적합성 평가를 실시하였다. 각 평가항목은 평균(표준편차) 값으로 비교해 볼 수 있는데, 동작적합성 평가 결과는 골프셔츠 착용 4.01(0.756), 골프셔츠와 바람막이 점퍼 착용 3.12(0.865), 드레스셔츠 착용 2.01(0.736)로 나타났다. 동작착용감 결과는 골프셔츠 착용 4.10(0.785), 골프셔츠와 바람막이 점퍼 착용 3.01(0.698), 드레스셔츠 착용 1.87(0.667)로 나타났다. 동작적합성 평가 결과와 동작착용감 평가결과, 골프셔츠 착용이 가장 높은 점수를 나타냈으며, 동작적합성, 동작착용감, 동작맞음새 모두 드레스 셔츠 착용의 평균값이 가장 작은 것으로 나타났다. 동작적합성, 동작착용감의 결과에서 소매통/소매길이(왼쪽), 앞/뒤 진동(왼쪽) 문항이 다른 문항에 비해 낮은 점수를 나타내고 있는 것은 본 연구에서 도출한 팔꿈치 굴곡, 어깨 굴곡 등이 동작 시에 영향을 미치기 때문으로 생각된다. 따라서 골프웨어 제작시에는 팔꿈치와 어깨 부위를 고려한 의복의 설계가 필요하겠다(Fig. 7).

5. 결 론

본 연구는 인간공학적인 골프웨어의 설계를 위하여, 3차원 동작분석을 통해 도출된 스윙 동작 범위에 대한 관절각을 분석하고, 이를 운동기능성 향상을 위한 동작적합성 평가에 활용하며, 의복 설계에 필요한 기초자료 제시를 목적으로 하였다. 이를 위해 20대 남성 3명을 대상으로 3차원 동작분석 장비를 이용하여 골프 스윙의 동작 범위 데이터를 추출하여 관절각을 분석하고, 동작적합성 평가에 활용하였다.

본 연구의 결과는 다음과 같다. 첫째, 골프 스윙 동작을 3차원 동작분석을 통하여 동작 범위를 추출하고, 관절 운동 항목별 관절각과 X, Y, Z축에 대한 관절각을 산출하였다. 그 결과, 머리신전, 오른쪽 어깨 신전, 오른쪽/왼쪽 팔꿈치 신전, 오른쪽/왼쪽 팔꿈치 회외는 나타나지 않았다. 오른쪽/왼쪽 팔꿈치 굴곡이 110° 이상의 큰 관절각을 나타내었고, 반면 왼쪽 어깨 신

전, 몸통 좌측 외전, 왼쪽 팔꿈치 내전은 10° 미만의 값을 가지며 움직임이 가장 작은 것으로 나타났다. 수량화된 각 항목의 관절각은 패턴을 구성할 때 적용할 수 있으며, 큰 관절각을 나타낸 팔꿈치 굴곡과 어깨 신전을 제외한 어깨 항목을 고려하여 디자인과 패턴 설계를 계획해야 한다. 둘째, 각 관절의 X축, Y축, Z축에 대한 스윙 동작 범위의 최대값과 최소값일 때의 동작 구간을 분석하여 동작 구간 별 최대 관절각을 나타내는 항목을 도출했다. 동작적합성 평가를 위한 평가 문항을 설정하기 위해 상의의 패턴 측정선과 제품치수 측정부위를 바탕으로 선행연구의 평가 측정 문항을 참고하여 평가 문항을 구성하였고, 관절 동작에 의해 영향을 받는 상의의 측정항목을 설정하였다. 평가지 문항은 각 스윙 동작 구간에 최대로 나타난 관절 동작 항목에 측정해야 할 문항을 대입하여 구성하였다. 평가지는 스윙 동작 시 관절 동작 항목의 관절각이 최대를 나타내는 구간에서 측정하게 하였으며, 모든 문항은 동작적합성, 동작착용감, 동작맞음새를 평가하도록 개발하였다. 셋째, 동작적합성 평가지의 적합성을 검증하기 위해 피험자 범위에 해당되는 3명의 피험자를 대상으로 착의상태에서 동작적합성 평가를 실시하였다. 그 결과 골프셔츠 착용의 평균값은 동작적합성 평가에서 4.01, 동작착용감 평가에서 4.10으로 나타난 반면, 드레스 셔츠 착용 평가에서는 동작적합성이 2.01, 동작착용감이 1.87로 나타나 비슷한 경향을 보였다. 동작착용감 평가 결과와 동작적합성 평가 결과는 상호간 비슷한 경향을 나타내 동작적합성이 높은 항목의 경우 동작착용감 역시 높은 것으로 나타났다. 그러나 본 연구에서는 20대 남성 3명을 대상으로 하였다는 점에서 한계를 가진다. 보다 기능적이고 인체공학적인 골프웨어 설계를 위해서는 소재에 따른 패턴개발과 동작분석이 필요할 것으로 사료된다. 즉 기능성 향상을 위해서는 동작 시에 영향을 받는 부위의 패턴뿐만 아니라 소재와 부자재에 대한 고려가 함께 이루어져야 할 것이다. 본 연구에서 개발된 평가지는 3차원 동작분석을 활용하여 관절범위에 따른 최대, 최소 동작범위를 바탕으로 개발하였다는 점에서 의미를 가진다. 이는 향후 동작분석 프로그램을 활용한 착의평가 연구에서 본 연구에서 개발된 평가지가 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 서울대학교 ‘생활과학연구소’의 일부 지원을 받아 수행되었음.

References

Chang, J. K., Ryu, J. S., & Yoon, S. H. (2011). The contribution of body segments to the club head's kinetic energy in the golf swing. *Korean Journal of Sport Biomechanics, 21*(3), 317-325. doi:10.5103/KJSB.2011.21.3.317

Gûnal, I., Köse, N., Erdogan, O., Göktürk, E., & Seber, S. (1996). Normal range of motion of the joint of the upper extremity in male subject with special reference to side. *The Journal of Bone and Joint Surgery, 78*(9), 1401-1404.

Han, S. A., Nam, Y. J., Yoon, H, J., Lee, S. H., & Kim, H. J. (2012). Development of sleeve patterns of structural firefighting protective clothing using by 3D body shape and 3D motion analysis. *Fashion & Textile Research Journal, 14*(1), 109-121. doi:10.5805/KSCI.2012.14.1.109

Hwang, S. H. (2009). *A study on ease for dress shirt fit.* Unpublished mater's thesis, Seoul National University, Seoul.

ISO 11226. (2000). Ergonomics - Evaluation of static working postures-Requirements, 2000.

Joo, Y. R. (2014, Feburary 14). 근 1년간 골프인구, 전년보다 8.9% 증가. *Sportdonga*. Retrieved June 21, 2016, from http://news.donga.com/3/all/20140214/60839316/5

Kim, S. I., Kim, K. H., Kim, H. S., Lee. H. S., Kim, J. U., Ahn, C. G., & Kim, H. J. (2002). Analysis of golf swing motion for specific properties of club shaft. *Korean Journal of Sport Biomechanics. 12*(2), 17-32.

Korean agency for technology and standards. (2004). A Report of 5th anthropometry survey data for korean(Sites 2 final report). Seoul: Goverment Printing Office.

Kwon, S. M. (2001). *A study of upper-extremity muscle-activity during the golf driver swing.* Unpublished mater's thesis, Yonsei University, Seoul.

Lee, C. J. (2016, Feburary 17). '한국판 에어비앤비-우버'… 신산업으로 키운다. *Segyeilbo*. Retrieved June 21, 2016, from http://www.segye.com/content/html/2016/02/17/20160217003961.html?OutUrl=naver

Lee, J. Y. (1993). A study on the elasticity of a golf uniform and the survey of the actual conditions of wearing patterns and movement. Unpublished master's thesis, Konkuk University, Seoul.

Lee, J. H. (2000). The kinetic analysis of swing motion for golfers. *The Korean Journal of School Physical Education, 10*(10), 87-96.

Lee, M. J., & Chun, J. S. (2011). Women's uniform shirts' pattern alteration by applying the work postures of flight attendants. *The Research Journal of the Costume Culture, 19*(5), 1019-1030.

Lee, S. W., Kim, K. J., Nam, Y. J., No, H. S., Jung, M. S., Choi, K. M., & Choi, Y. K. (2002). *의복 체형학* [Biotypology clothing]. Seoul; Kyohac research.

Lee, Y. J., & Choi, H. S. (2004). A study on the functional improvement of 119 rescue uniforms. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles, 28*(11), 1384-1394.

Lim, H. K., Kim, J. H., Park, S. C., Ryu, S. A., & Lee, Y. S. (1998). A study of measurement on reach of motion using 3-D motion analysis system for Korean adults(20’s and 30’s). *Korean Journal of Sport Biomechanics, 8*(2), 1-20.

Lim, H. Y. (2016, April 28). 2030골퍼 늘었다..'골프대중화 추세 영향'. *Edaily.* Retrieved June 21, 2016, from http://www.edaily.co.kr/news/NewsRead.edy?SCD=JC21&newsid=01872886612620712&DCD=A00302&OutLnkChk=Y

Lim, T. S., & Lee, K. S. (1996). A comparative study between kinematic variables of the driver and the iron in golf swing. *Korean Journal of Sport Biomechanics, 6*(1), 35-51.

Nam. Y. G., & Lee, H. S. (2005). *남성복 패턴메이킹* [Pattern making for men's wear]. Seoul; Kyohac research.

Oh, S. Y., & Chun, J. S. (2011). A study of shirts patternmaking based on 3d body surface changes in golf swing postures. *The Research Journal of the Costume Culture, 19*(5), 1049-1060.

Park, K. S., & Ryu, S. A. (2000). A study on the upper body range of motion(Using a 3-D motion analysis systems) about korean adults. *The Research Journal of the Costume Culture, 8*(4), 587-601.

Park, S. S., Yang, C. S., Jang, J. W., Lee, K. I., Woo, C. H., & Baek, S. G. (2005). Development of automatic 3-dimensional video motion analysis system. *Korean Journal of Sport Biomechanics, 8*(2), 125-155.

Ryu, J. S. (2002). Analysis of the lower extremity`s joint of three - dimensional angles determined in euler/cardan, jcs, finite helical. *The Korean Journal of Physical Education, 41*(2), 735-742.

Ryu, S. A. (2005). Ease and pattern design of snow-board wear for the improvement of functional mobility. Unpublished master's thesis, Chungnam National University, Taejon.

Ryou, H. S. (2009). A Study on the development of women's golf windbreaker design. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles, 33*(3), 420-432. doi:10.5850/JKSCT.2009.33.3.420

Yoo, J. J., & Kweon, S. A. (2006). A study on the active effection of saenghwal hanbok school uniform for high school students. *Korean Journal of Human Ecology, 15*(3), 449-455.

Yoon, H. Y., Lee, S. D., & Lee, D. C. (2002). A study of measurement on range of joint mobility for middle-aged korean adults. *Journal of the Ergonomics Society of Korea, 21*(2), 35-46.

(Received 18 February 2016; 1st Revised 18 March 2016;
2nd Revised 18 Aprili 2016; 3rd Revised 23 May 2016;
4rd Revised 15 June 2016; Accepted 29 June 2016)